

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-183937

(43)Date of publication of application : 09.07.1999

(51)Int.Cl.

G02F 1/137

G02F 1/133

G09F 9/35

(21)Application number : 10-279073

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 30.09.1998

(72)Inventor : YAMAGUCHI HAJIME  
KAWADA YASUSHI

(30)Priority

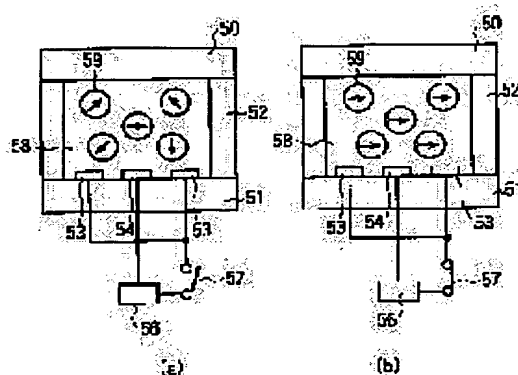
Priority number : 09283672 Priority date : 16.10.1997 Priority country : JP

## (54) LIQUID CRYSTAL OPTICAL SWITCH ELEMENT, COLOR SHUTTER AND COLOR IMAGE DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a liquid crystal optical switch element of a high speed and a wide visual field angle by making a medium indicate optical isotropy when voltage is not applied and optical anisotropy proportional to the square of electric field strength when voltage is applied.

**SOLUTION:** The medium 58 containing a polymer and a liquid crystal material is clamped by a substrate 51 where electrodes 53 and 54 are arranged and the substrate 50 arranged separately and oppositely to it. The interval between the two substrates 50 and 51 is held by a spacer 52. The voltage is applied to the medium 58 by an electric circuit 56 and a switch 57 through the electrodes 53 and 54. When the voltage is not applied, the medium 58 containing the polymer and the liquid crystal material takes the optically isotropic phase in a macroscopic view. In the case of applying the voltage, since the orientation of respective fine areas 59 is matched with an electric field direction, the medium 58 becomes optically anisotropic. That is, a correlation length between liquid crystal polymers is substantially reduced and the isotropic phase is taken in the macroscopic view though a liquid crystal structure is provided in a microscopic view.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3504159

[Date of registration] 19.12.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-183937

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月9日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

G 0 2 F 1/137

G 0 2 F 1/137

1/133

5 0 5

1/133

5 0 5

G 0 9 F 9/35

3 0 5

G 0 9 F 9/35

3 0 5

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平10-279073

(22) 出願日 平成10年(1998) 9月30日

(31) 優先権主張番号 特願平9-283672

(32) 優先日 平 9 (1997) 10月16日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 山口 一

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株式会社東芝生産技術研究所内

(72) 発明者 川田 靖

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株式会社東芝生産技術研究所内

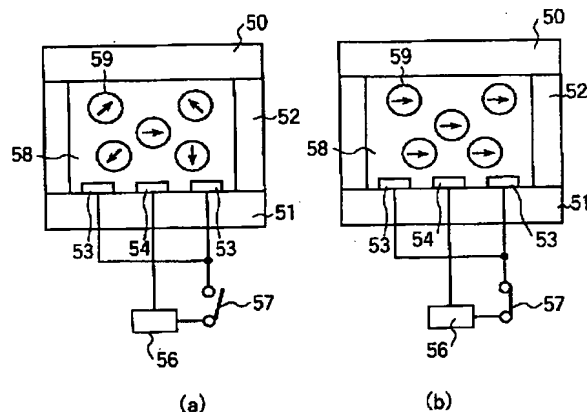
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外 6 名)

(54) 【発明の名称】 液晶光学スイッチ素子、カラーシャッターおよびカラー画像表示装置

(57) 【要約】

【課題】 高速で広視野角の液晶光学スイッチ素子を提供する。

【解決手段】 離間・対向して配置された一対の基板、前記一対の基板の間に挟持され、小区域に分割された液晶材料と、この液晶材料の領域を小区域に分割する材料とを含む媒質、及び、前記媒質に電圧を印加する手段を具備する液晶光学スイッチ素子である。前記媒質は、電圧の非印加時に光学的に等方性であり、電圧の印加時には電界強度の2乗に比例する光学異方性を示すことを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 離間・対向して配置された一対の基板、前記一対の基板の間に挟持され、小区域に分割された液晶材料と、この液晶材料の領域を小区域に分割する材料とを含む媒質、および前記媒質に電圧を印加する電圧印加手段を具備し、

前記媒質は、電圧の非印加時に光学的に等方性であり、電圧の印加時には電界強度の2乗に比例する光学異方性を示すことを特徴とする液晶光学スイッチ素子。

【請求項2】 離間・対向して配置された一対の基板、前記一対の基板の間に挟持され、小区域に分割された液晶材料と、この液晶材料の領域を小区域に分割する材料とを含む媒質、および前記媒質に電圧を印加する電圧印加手段を具備し、

前記液晶材料の各小区域の平均直径は0.1  $\mu\text{m}$ 以下であり、前記媒質は電圧の非印加時に光学的に等方性であることを特徴とする液晶光学スイッチ素子。

【請求項3】 離間・対向して配置された一対の基板、前記一対の基板の間に挟持され、小区域に分割された液晶材料と、この液晶材料の領域を小区域に分割する材料とを含む媒質、および前記媒質に電圧を印加する電圧印加手段を具備し、

前記液晶材料は、液晶と色素とを含み、前記媒質は、電圧の非印加時に光学的に等方性であり可視光を吸収し、電圧の印加時には電界強度の2乗に比例する光学異方性を示すとともに、可視光を透過させることを特徴とする液晶光学スイッチ素子。

【請求項4】 前記小区域に分割された液晶材料の平均直径は0.1  $\mu\text{m}$ 以下である請求項3に記載の液晶光学スイッチ素子。

【請求項5】 前記液晶材料の領域を小区域に分割する材料は、網目状高分子、マイクロカプセル、および多孔質無機物からなる群から選択されたいずれかの材料である請求項1ないし4のいずれか1項に記載の液晶光学スイッチ素子。

【請求項6】 請求項1または2に記載の液晶光学スイッチ素子と、この液晶光学スイッチ素子の光透過方向に設けられた色偏光板とを具備するカラーシャッター。

【請求項7】 請求項6に記載のカラーシャッターと、このカラーシャッターの光透過方向に設けられた1またはこれ以上の画像表示素子とを具備するカラー画像表示装置。

【請求項8】 請求項3または4に記載の液晶光学スイッチ素子と、このカラーシャッターの光透過方向に設けられた1またはこれ以上の画像表示素子とを具備するカラー画像表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液晶光学スイッチ

素子、これを用いたカラーシャッターおよびカラー画像表示装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】液晶光学スイッチ素子は、軽量・低消費電力といった利点を有しているので、これを活かして、主としてノート型パソコンあるいは携帯情報機器のディスプレイとして開発・実用化されてきた。近年は、情報のマルチメディア化が進んでおり、動画への対応が強く求められるとともに、大画面化への期待も高まりつつある。動画対応および大画面化には、高速・広視野角の液晶光学スイッチ素子の実現が不可欠であり、実現に向けて各種方式が精力的に検討され、その一部は実用化されている。例えば、強誘電性液晶(FLC)素子、反強誘電性液晶(AFLC)素子、インプレーンスイッチング(IPS)素子、 $\pi$ セル素子、バーティカリアラインド(VA)素子、および双安定性ツイストネマチック(BTN)液晶素子などが挙げられる。これらのなかでも強誘電性液晶(FLC)素子や反強誘電性液晶(AFLC)素子は自発分極を有しているため、これらは、数 $\mu\text{s}$ ～数10 $\mu\text{s}$ という応答速度が得られる。他方式での応答速度は高々1msであるので、(FLC)素子や(AFLC)素子は応答速度の点では有利である。しかしながら、これらの2方式は、外力による非可逆的な配向破壊という大きな問題を抱えている。

【0003】一方、実用化されている高速光シャッターとしては、カー効果を利用した素子が知られている。カー効果とは、透明な等方性媒体に電圧を印加した際に、電場Eの2乗に比例する光学的異方性を示す現象であり、1875年にJ.Kerrによって発見された。ここで、電場によって誘起される複屈折を $\Delta n$ 、真空中での光の波長を $\lambda$ とすると、 $\Delta n = K \lambda E^2$ が成立し、比例定数Kをカー定数と呼ぶ。カー定数の大きな物質としては、液体では二硫化炭素およびニトロベンゼン、固体では、PLZT(ジルコン酸鉛とチタン酸鉛との固溶体にランタンを添加した金属酸化物)が挙げられ、これらの材料は、偏光板と組合わせて光シャッターに利用することができる。例えばバレスレーザー光の電場を利用した光シャッターの場合、二硫化炭素で2psの応答速度が得られており(Appl. Phys. Lett. 26, 92(1975))、ニトロベンゼンで32psの応答速度が得られている(Appl. Phys. Lett. 15, 192(1969))。しかしながら、これらの物質は毒性や爆発性を有しているので、実用化は困難である。一方、PLZTを用いた光シャッターは実用化されており、その応答速度は0.1 $\mu\text{s}$ ～10 $\mu\text{s}$ である。Ferroelectrics 50, 63(1983)あるいはSID 84 Digest, 137(1984)のようにPLZTを用いた表示素子の作製も試みられているものの、PLZTには、機械的強度の不足および大面積化が困難であるといった問題がある。

【0004】カー効果は液晶でも観測され、特にネマチック相-等方相転移温度直上における等方相はPLZT

10

20

30

40

50

並み、あるいはそれ以上の大きなカー効果を示す。こうしたカー効果は、異常カー効果と呼ばれている。異常カー効果は、等方相中におけるネマチック的な分子配列の短距離秩序の存在に起因すると考えられている。カー効果を利用した液晶シャッターおよび表示は高速であるとともに、PLZTを用いた表示素子の場合に問題となっていたような機械的強度の不足や表示面積の限界がない。さらに、他の液晶表示方式と比べて、視野角の面でも有利である。しかしながら、液晶のカー効果を利用する場合には、カー定数の温度依存性が大きな問題となる。

【0005】一般に液晶のカー定数は $K = A / (T - T^*)$  ( $A$ は定数であり、 $T^*$ は、液晶-等方相転移温度にほぼ等しい。)で与えられる。この温度依存性を解決する手段として、ネマチック液晶/高分子複合系の利用が菊池ら(九州大学)により提案され、ポリ(イソブチルメタクリレート)を高分子材料として用いた実験結果が報告されている(日本化学会第72春季年会予稿集p. 226あるいは第22回液晶討論会予稿集p. 413)。しかしながら、温度依存性の改善は高々数℃と小さく、さらに、液晶単独の系に対してカー定数が大幅に減少しているといった問題がある。

【0006】また一方、ネマチック液晶/高分子複合系で液晶のドロップレット径を $0.1 \mu m$ 以下に設定することにより散乱状態を抑制できること、かつ電場で誘起される光学異方性が電場の2乗に比例し、その応答速度が $10 \mu s$ 以下であることが松本ら(NTT)により報告されている(Appl. Phys. Lett., 69, 1044(1996)およびAM-LCD97 p.33)。しかしながらこの文献では、カー効果については全く言及されていない。特に、液晶含有率を40重量%以下に設定することで直径 $0.1 \mu m$ 以下の液晶ドロップレットを実現しているの、結果として光学応答しない高分子領域が60重量%以上を占め、素子のコントラストが低下してしまう。さらに温度特性については、この文献ではいっさい言及されていない。したがって、カー効果であるならばその温度依存性がどの程度改善されているかも、この文献では不明である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】このように、液晶のカー効果を利用することが試みられているものの、カー定数の温度依存性を十分に改善することは困難であり、カー定数が大きいという利点を活かしかれていないのが現状である。

【0008】また、カー効果を利用した液晶シャッターにおいて、光利用効率をさらに高めることが望まれている。

【0009】本発明は、前述したような問題点を解決するためになされたものであり、高速で広視野角の液晶光学スイッチ素子を提供することを目的とする。

【0010】また本発明は、高速で光利用効率が高く、

かつ広視野角の液晶光学スイッチ素子を提供することを目的とする。

【0011】さらに本発明は、上述したような液晶光学スイッチ素子を用いたカラーシャッターおよびカラー画像表示装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明は、離間・対向して配置された一対の基板、前記一対の基板の間に挟持され、小区域に分割された液晶材料と、この液晶材料の領域を小区域に分割する材料とを含む媒質、および、前記媒質に電圧を印加する電圧印加手段を具備し、前記媒質は、電圧の非印加時に光学的に等方性であり、電圧の印加時には電界強度の2乗に比例する光学異方性を示すことを特徴とする液晶光学スイッチ素子を提供する。

【0013】また本発明は、離間・対向して配置された一対の基板、前記一対の基板の間に挟持され、小区域に分割された液晶材料と、この液晶材料の領域を小区域に分割する材料とを含む媒質、および、前記媒質に電圧を印加する電圧印加手段を具備し、前記液晶材料の各小区域の平均直径は $0.1 \mu m$ 以下であり、前記媒質は電圧の非印加時に光学的に等方性であることを特徴とする液晶光学スイッチ素子を提供する。

【0014】またさらに本発明は、前述の液晶光学スイッチ素子と、この液晶光学スイッチ素子の光透過方向に設けられた色偏光板とを具備するカラーシャッターを提供する。

【0015】また本発明は、前述のカラーシャッターと、このカラーシャッターの光透過方向に設けられた1またはこれ以上の画像表示素子とを具備するカラー画像表示装置を提供するさらに本発明は、離間・対向して配置された一対の基板、前記一対の基板の間に挟持され、小区域に分割された液晶材料と、この液晶材料の領域を小区域に分割する材料とを含む媒質、および、前記媒質に電圧を印加する電圧印加手段を具備し、前記液晶材料は液晶と色素とを含み、前記媒質は、電圧の非印加時に光学的に等方性であり可視光を吸収し、電圧の印加時には電界強度の2乗に比例する光学異方性を示すとともに、可視光を透過させることを特徴とする液晶光学スイッチ素子を提供する。

【0016】またさらに本発明は、前述の液晶光学スイッチ素子と、このカラーシャッターの光透過方向に設けられた1またはこれ以上の画像表示素子とを具備するカラー画像表示装置を提供する。

【0017】以下、本発明を詳細に説明する。

【0018】本発明者らは、液晶のカー効果について鋭意検討した結果、液晶材料の領域を特定の材料で小区域に分割することによって、液晶のカー定数の温度依存性を抑制できること、さらに液晶単体でのカー定数をほぼ維持できることを見出し、本発明を成すに至った。液晶

材料の領域を小区域に分割する材料としては、網目状高分子が挙げられ、具体的には液晶と相互作用するメソゲン部位を分子内に有する高分子を用いることができる。この場合には、高分子領域を50%以下に抑制することができる。さらに、網目状高分子のみならず、マイクロカプセルや多孔質無機物を用いて液晶材料の領域を小区域に分割することによって、より制御よく素子を作製できることを見出した。

【0019】すなわち、本発明の液晶光学スイッチ素子は、10 1対の基板間に挟持された媒質を、特定の材料で小区域に分割された液晶材料により構成したことを特徴とするものであり、この媒質についてまず説明する。

【0020】媒質を構成する液晶材料は、単一の液晶または2種類以上の液晶の混合物、さらには液晶以外の物質を含む混合物としてもよく、特に限定されるものではない。ただし、大きなカー効果を確認し、駆動電圧を抑制する観点から、用いる液晶は、屈折率異方性( $\Delta n$ )および誘電率異方性( $\Delta \epsilon$ )が大きいことが望ましい。屈折率異方性 $\Delta n$ は0.1以上であることが好ましく、0.2以上であることがより好ましい。また、誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ は5以上であることが好ましく、15以上であることがより好ましい。さらに、大きな応答速度を確認する観点からは、粘性係数が小さいことが好ましい。具体的には、回転粘性係数 $\eta$ は、望ましくは200mPa・s以下であり、より望ましくは150mPa・s以下である。

【0021】なお、本発明において、液晶に色素を配合して液晶材料を構成する場合には、屈折率異方性( $\Delta n$ )が上述した範囲であることは必ずしも必要とはされない。

【0022】液晶材料の領域を小区域に分割する材料として網目状高分子を利用する場合には、液晶の物性は、その高分子との組み合わせに応じて選択される。例えば、液晶の等方相への転移温度 $T_i$ は、40℃以上、さらには60℃以上であることが好ましい。また、液晶の固体への転移温度 $T_s$ は、5℃以下、さらには、-10℃以下であることが好ましい。

【0023】一方、マイクロカプセルや多孔質無機物などと液晶との混合系においては、液晶の相関長の大きさにより、液晶単体とはその性質が異なっていることが考えられる。したがって、素子としての動作温度範囲が5℃以下から40℃以上、より好ましくは-10℃以下から60℃以上となるように、液晶を選択することが望まれる。

【0024】本発明においては、液晶に色素を配合して液晶材料を構成してもよい。色素を配合することによって、カー効果とゲストホストモードとを組み合わせることができる。したがって、カー効果が有する高速性と、ゲストホストモードが有する高光利用効率とを備えた液晶光学スイッチ素子が得られる。

【0025】液晶に配合される色素としては、液晶に溶解する限り特に限定されるものではない。充分なコントラストを確保する観点からは、二色比が高く、かつ液晶に対する溶解性が大きいことが望ましい。具体的には色素の二色比は、5以上であることが好ましく、10以上であることがより好ましい。

【0026】本発明において使用し得るイエローの色素としては、例えばG232(日本感光色素)、S1209(オージー社)、D80(Merck社)などを用いることができる。シアン色素としては、S1501、S1497(ともにオージー社)、G472(日本感光色素)などを用いることができる。マゼンタの色素としては、G176、G202、G239、G471(ともに日本感光色素)、S1512(オージー社)などを用いることができる。レッドの色素は、上述のマゼンタの色素とイエローの色素とを混合して調製することができ、D83(Merck社)などを用いてもよい。グリーン色素はシアン色素とイエローの色素とを混合して調製することができ、D84(Merck社)などを用いてもよい。ブルーの色素は、マゼンタの色素とシアンの色素とを混合して調製することができ、D102(Merck社)などを用いてもよい。また、ブラックの色素は、イエローとシアンおよびマゼンタの色素を混合して調製することができる。あるいは、D85、D86、D103(いずれもMerck社)などを用いてもよい。

【0027】上述したような液晶材料を小区域に分割する材料としては、液晶材料に対して安定である限り特に限定されるものではない。また、液晶材料の領域の小区域は、必ずしも完全に独立して分割されていなくても構わない。本発明において液晶材料を分割するために利用できる材料としては、(1)網目状高分子、(2)マイクロカプセル、および(3)多孔質無機物を挙げることができ、それぞれについて詳細に説明する。

【0028】第1の材料である網目状高分子は、材料的に特に限定されるものではないが、混合する液晶、および場合によっては色素との相溶性が良好であるもの、例えば、分子内にメソゲン部位を有するものが好ましい。また、高分子液晶を利用して、上述した液晶材料の領域を小区域に分割することもできる。

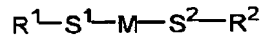
【0029】メソゲン部位としては、特に限定されるものではなく、例えば、フェニル基、ピフェニル基、ターフェニル基、フェニルシクロヘキシル基、ピフェニルシクロヘキシル基、アゾベンゼン基、アゾキシベンゼン基、ベンジリデンアニリン基、スチルベン基、およびトラン基を挙げることができる。

【0030】特に、本発明において用い得る網目状高分子は、液晶材料との相溶性が良好であることに加えて、透明固体となることが望ましく、代表的な材料としてアクリル樹脂を挙げることができる。さらに、高分子の前



躯体である重合性モノマー、あるいは反応性や粘度の選択といった点からは、モノマー類から誘導したオリゴマー類、あるいはオリゴマー類とモノマー類との混合物を熱または光で重合硬化して得られた高分子を用いてもよい。

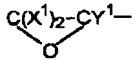
【0031】なお、重合時の温度制御により液晶材料とのミクロな混合状態の制御が可能である点からは、高分子として光硬化性樹脂を用いることがより好ましい。重合性モノマーあるいはオリゴマーとしては、紫外線照射により重合硬化するモノアクリルモノマーあるいはオリ



【0033】上記一般式(1)中、 $R^1$  および  $R^2$  は、以下に示す群から選択される一価の有機基である。ただし、 $S^2$  が一価の有機基である場合には、 $R^2$  は存在しない。

【0034】

【化2】



【0035】上記式中、 $X^1$  および  $Y^1$  は、以下に示す群から選択される一価の基である。

【0036】

【化3】



\*ゴマー、ジアクリルモノマーあるいはオリゴマーを好ましい材料として挙げることができる。ビニル基の $\alpha$ 位および/または $\beta$ 位の水素は、フェニル基、アルキル基、ハロゲン基またはシアノ基などで置換されていてもよい。例えば、重合性モノマーとしては、下記一般式(1)で表わされる構造を有するものを挙げるができる。

【0032】

【化1】

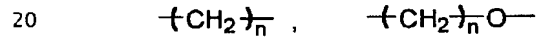
(1)

【0037】上記式中、 $n$ は整数である。

【0038】また、上記一般式(1)中、 $S^1$  および  $S^2$  は、以下に示す群から選択される二価の有機基である。ただし、 $S^2$  は、水素原子あるいはシアノ基の一価の有機基でもよい。

【0039】

【化4】

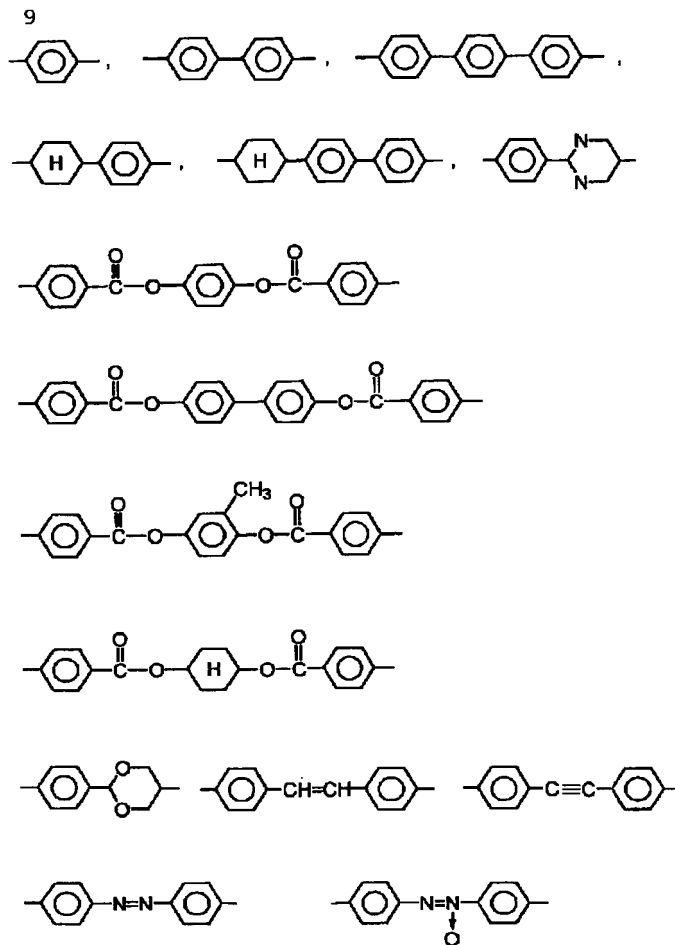


【0040】上記式中、 $n$ は0~16の整数である。

【0041】さらに、上記一般式(1)中、 $M$ は、以下に示す群から選択される2価の有機基である。

【0042】

【化5】



【0043】また、市販され容易に入手できるものとして、カヤラッドR-551、およびカヤラッドR-712（いずれも日本化薬社製）、NOA60、NOA61、NOA63、NOA65、NOA68、NOA71、NOA72、NOA73、NOA81、NOA83H、NOA88（いずれもNorland社製）を用いてもよい。

【0044】上述したようなモノマー類あるいはオリゴマー類の重合を速やかに行なって所望の高分子を得るために、光重合開始剤を用いてもよい。光重合開始剤としては、選択するモノマー類、オリゴマー類に適する任意のものを用いることができ、例えば、市販され容易に入手できるものとして、ダロキュア1173（Merck社製）、ダロキュア1116（Merck社製）、イルガキュア184（Ciba Geigy社製）、イルガキュア651（Ciba Geigy社製）、イルガキュア907（Ciba Geigy社製）、カヤキュアDETX（日本化薬社製）、およびカヤキュアEPA（日本化薬社製）などを挙げることができる。

【0045】なお、重合速度を大きくし、液晶材料の液滴の直径を可視光の波長に比べ小さくするために、光重合開始剤の吸光度は大きいことが好ましい。吸収スペク

トルの形状等にもよるが、光重合開始剤の吸光度は、350nmにおけるモル吸光係数が500（ $l \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$ ）以上であることが望まれる。光重合開始剤の添加量は、液晶材料の保持率を高く維持する観点から、モノマー類あるいはオリゴマー類に対し5重量%以下であることが好ましく、0.5重量%以下であることがより好ましい。また、重合性モノマーあるいはオリゴマーには必要に応じて架橋剤、界面活性剤、重合促進剤、連鎖移動剤、および光増感剤などの改質剤を配合してもよい。

【0046】上述したような網目状高分子と液晶材料とを含有する、本発明の液晶光学スイッチ素子の媒質は、透明であることが望まれる。電圧の非印加時において透明な等方性の状態をとるのであれば、その作製方法は特に限定されるものではない。いわゆる高分子分散型液晶（PDLC）と本発明の液晶光学スイッチ素子との大きな違いは、電圧非印加時において散乱状態ではなく、透明状態をとることにある。媒質の散乱状態を抑制して透明状態を実現するには、液晶材料の液滴の直径を可視光の波長より小さくしなければならない。このため、本発明においては液晶材料の液滴の直径を0.1μm以下に限定した。0.1μmを越えると散乱状態を抑制するこ

とができないため、本発明の目的を達成することが不可能となる。

【0047】液晶材料の液滴の直径を $0.1\mu\text{m}$ 以下にし、かつ液晶の高い含有率を維持するためには、液晶材料中に高分子をより効果的に分散させる必要がある。そのためには、重合性モノマーあるいはオリゴマーと液晶材料とを含む混合物を一对の基板間に挟持させた後に、モノマーあるいはオリゴマーを光重合することが好ましい。この際、光照射強度を大きくして重合速度を速めることによって、媒質を光散乱状態ではなく透明状態とすることができるとともに、カー定数の温度依存性を抑制することが可能となる。さらに、重合時の媒質温度を制御することで、媒質の構造をより綿密に制御することができる。なお、媒質を基板間に挟持させる方法は特に限定されるものではなく、真空注入、吸引注入または塗布などの通常の方法で行うことができる。

【0048】液晶材料の領域を小区域に分割するための第2の材料であるマイクロカプセルとしては、液晶材料を安定に内包でき、可視光に対して透明であれば特に限定されるものではなく、複数の成分から構成されていてもよい。例えば、ポリスチレン、スチレンジビニルベンゼン共重合体、ポリメタクリル酸メチル、ポリアクリロニトリル、ポリブタジエン、ポリイソブレン、ポリ四フッ化エチレン、およびポリビニルアルコールなどの付加重合ポリマー；ナイロン66などのポリアミド類、ポリイミド類、ポリウレタン類、ポリエステル類、およびポリエーテルイミド類などの重縮合ポリマー；アラビアゴム、ゼラチン、天然ゴム、およびセルロースなどの天然ポリマーなどが挙げられる。

【0049】マイクロカプセルの材料としては、3次元架橋した耐熱性を有するものが望ましく、マイクロカプセル材料の誘電率は、カプセルでの電圧降下を最小限に抑えて駆動電圧を低くする観点から大きいことが望ましい。また、マイクロカプセルの大きさは、電圧により誘起される光学異方性の良好な温度特性を確保し、かつ散乱を抑制するために、内包される液晶材料の平均直径が $0.1\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。マイクロカプセルの厚さが厚すぎる場合には電圧応答しない領域が大きくなってコントラストが低下してしまい、一方薄すぎると十分な機械的強度が得られない。したがって、コントラストおよび機械的強度のいずれも高くするためには、マイクロカプセルの厚さをマイクロカプセルの半径の3~15%にすることが好ましい。

【0050】マイクロカプセルの作製方法は、特に限定されるものではなく、一般に知られている方法の中から液晶物質の種類などに応じて適宜選択することができる。例えば、界面重合法、*in-situ*重合法、および液中硬化被覆法などの化学的作製方法；相分離を利用したコアセルベーション法、界面沈殿法（液中濃縮法、液中乾燥法、二次エマルジョン法）および融解分散法な

どの物理化学的作製方法を利用することもできる。

【0051】上述のようにして得られた、液晶材料を内包したマイクロカプセルを基板間に挟持する方法は、用いた材料などに応じて適宜選択することができ、例えば、基板間への注入により挟持することができる。また、マイクロカプセルを溶媒に分散させてペーストを調製した後、このペーストを塗布し溶媒を揮発させる方法により挟持してもよい。

【0052】液晶材料の領域を小区域に分割するための第3の材料である多孔質無機物の材質は、可視光に対し透明である限り特に限定されるものではない。なお、本発明において多孔質とは、平均孔径 $0.1\mu\text{m}$ 以下で、液晶材料の高い含有率および低い駆動電圧を維持するために、気孔率が高いことが好ましい。また、多孔質無機物の厚さは、印加する電圧等に応じて適宜選択することができるが、通常 $0.5\sim 10\mu\text{m}$ 程度である。具体的には、多孔質無機物としては、多孔質ガラスを用いることができる。

【0053】このような多孔質無機物の作製や液晶材料が内包された多孔質無機物の作製に当たっては、例えば第4回ポリマー材料フォーラム予稿集p. 238あるいはF L C 97予稿集p 296など公知の方法を用いることができる。

【0054】本発明の液晶光学スイッチ素子において、上述したような液晶材料を含む媒質に電圧を印加するための電極は、特に限定されるものではなく、例えば、ITO（インジウム スズ オキシサイド）の薄膜が挙げられる。透明性が要求されない電極には、アルミニウム、ニッケル、銅、銀、金、および白金などの各種電極材料を用いてもよい。また、基板上へ電極を形成する際には、蒸着、スパッタリング、およびフォトリソグラフィなど通常の方法を採用することができる。

【0055】本発明の液晶光学スイッチ素子において、上述したような媒質を挟持するための基板としては、十分な強度と絶縁性とを有し、少なくとも観測者側の基板が透明性を有している限り、特に限定されるものではない。例えば、ガラス、プラスチック、およびセラミックなどが挙げられる。

【0056】なお、上述したような電極表面には絶縁性薄膜を形成させてもよい。絶縁性薄膜の材料としては、液晶材料に対する反応性や溶解性をもたず、電気的に絶縁性であれば材質的に特に限定されるものではなく、例えば、ポリイミド、ポリアミド、ポリビニルアルコール、ポリアクリルアミド、環化ゴム、ノボラック樹脂、ポリエステル、ポリウレタン、アクリル樹脂、ビスフェノール樹脂またはゼラチンなどの有機物；また、酸化シリコンおよび窒化シリコンなどの無機物を挙げることができる。

【0057】絶縁性薄膜は、各材料に適した任意の方法により形成することができ、例えば、スピンコートによ

る塗布、水面上に形成された単分子膜を電極基板上に写し取って積層し薄膜を形成させるラングミュア・ブロッジェット法などが挙げられる。さらに、蒸着法を用いて形成してもよい。また、薄膜の厚さは、液晶層への電圧印加を十分に行なうことが可能な範囲であれば特に限定されるものではないが、低電圧駆動の観点から、絶縁性を損なわない範囲において薄いことが望ましい。絶縁性薄膜に対する配向処理は特に必要とはされないが、ラビングなどの配向処理を適宜施してもよい。

【0058】本発明において一対の基板間の距離をより正確に制御する場合には、これらの間にスペーサーを配置してもよい。スペーサーとしては、通常行なわれるように球状のスペーサーを基板面に散布することができる。あるいは、柱状体のスペーサーを基板上に一定間隔で形成してもよい。後者の場合には、基板貼り合わせ時にスペーサー同士が近接する危険が少なく、面内に均一に分散させることが可能である。

【0059】このようなスペーサーのうち、基板に散布するスペーサー材料としては、絶縁性を有し、かつ使用する液晶と反応あるいは溶解せず、基板上に安定に分散されるならば材質的に特に限定されない。例えば、ジビニルベンゼン、ポリスチレンなどの高分子；あるいはアルミナ、シリカなどの無機酸化物などを用いることができる。いずれの材料を用いる場合も、スペーサーの粒径分布は狭いことが望ましい。

【0060】一方、スペーサーとして柱状体を電極基板上に一定間隔で形成する場合には、フォトリソグラフィで用いられる通常の方法により行なうことができる。柱状体のスペーサーを作製するための材料としては、液晶材料に対する反応性や溶解性を持たず、電気的に絶縁性のポジ型またはネガ型の感光性樹脂などが挙げられる。例えば、ポリイミド、ポリアミド、ポリビニルアルコール、ポリアクリルアミド、環化ゴム、ノボラック樹脂、ポリエステル、ポリウレタン、アクリル樹脂、ビスフェノール樹脂またはゼラチンを感光性樹脂化したものを挙げることができるが、一般的には、ネガ型の感光性ポリイミドが好ましい。

【0061】本発明の液晶光学スイッチ素子において、液晶材料が色素を含まない場合には、前記媒質への電場方向が、素子を観測する方向と実質的に直交の関係にあることが必要である。すなわち、液晶光学スイッチ素子の光透過方向に対して実質的に直交する方向に電圧が印加される。これを達成するために、例えば、対向する2つの基板の一方にくし形電極を配置する。また、光学スイッチ素子に要求される高透過率を確保する観点から、電場方向と偏光板の透過軸とのなす角度を45°に設定することが望ましい。

【0062】かかる構成の液晶光学スイッチ素子と、この素子の光透過方向に配置された色偏光板とによってカラーシャッターを構成することができる。用い得る色偏

光板は、材料的に特に限定されるものではないが、明るくコントラストの良好な表示を実現する点からは、透過成分の透過率が高いこと、非透過成分の透過率が低いことが望ましい。かかる色偏光板は、市販の材料を用いてもよく、あるいは2色性染料をポリビニルアルコールなどの高分子に含浸させた後、これを延伸するといった通常の方法で作製することもできる。

【0063】本発明の液晶光学スイッチ素子において、液晶材料が色素を含む場合には、光透過方向と垂直な電界、いわゆる横電界を印加する必要がない。色素の配向を電界制御することで光の吸収・透過を行なうゲストホストモードに、カー効果を適用しているので、この場合には通常の電極配置とすることができる。すなわち、液晶光学スイッチ素子の光透過方向に対して実質的に平行な方向に、電圧を印加する。具体的には、離間・対向して配置された一対の基板の各々に電極を形成し、これらの電極間で電圧を印加する方法を採用することができる。なお、本発明におけるゲストホストモードへのカー効果の適用とは、カー効果で生じる複屈折を利用するのではない。光学的に等方的な状態と異方的な状態とを高速でスイッチングする現象を、ゲストホストモードに適用することを意味しており、新規な概念である。

【0064】かかる構成の液晶光学スイッチ素子は、光偏光板を配置せずにカラーシャッターとして用いることができ、光利用効率が高められるという利点も得られる。この場合、異なる波長域の可視光を吸収する色素を挟持した複数の液晶光学スイッチ素子を、光透過方向に積層させてカラーシャッターを構成してもよい。例えば、赤・緑・青あるいは、シアン・マゼンタ・イエローといった色の3原色の透過率を制御する複数の素子を積層させて、カラーフィルターを実現することができる。さらに、液晶光学スイッチ素子に画像情報を入力する手段を組み合わせ、カラー画像表示装置を構成することもできる。

【0065】上述したようなカラーシャッターと、このシャッターの光透過方向に設けられた1またはこれ以上の画像表示素子とによってカラー画像表示装置を構成することができる。画像表示素子としては、少なくとも白黒2値画像を出力できる限り特に限定されるものではない。例えば、電子線蛍光管、液晶画像表示素子、発光ダイオード画像表示素子、およびフィールドエミッション画像表示素子などを使用することができる。製造コスト・輝度・階調といった観点からは、赤、緑および青の混合蛍光体を有する、いわゆる白黒タイプの電子線蛍光管を使用することが適している。また、複数の小型画像表示装置を組み合わせ、大型画像表示装置を実現することもできる。

【0066】以上、透過型を例に挙げて本発明の液晶光学スイッチ素子を説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。本発明の液晶光学スイッチ素子は、反

10

20

30

40

50

射型としての利用も可能である。反射型の場合には、観測者からみて液晶光学スイッチ素子の後部に反射板を設置すればよい。

【0067】本発明においては、一对の基板に挟持される媒質を、特定の材料で小区域に分割された液晶材料により構成しているため、高速かつ広視野角の液晶光学スイッチ素子を得ることができた。特に本発明の液晶光学スイッチ素子では、電圧無印加時における透過状態と電圧印加時における複屈折状態との2状態間をスイッチングさせており、散乱状態を利用するものではない。したがって、液晶材料／高分子複合系を用い、電圧無印加時における散乱状態と電圧印加時における透過状態との2状態間をスイッチングさせる高分子分散型液晶（PDL C）とは表示原理が異なる。

【0068】さらに、本発明の液晶光学スイッチ素子においては、液晶材料の液滴の平均直径を0.1  $\mu\text{m}$ 以下に限定しているため、可視光の散乱を抑制するとともに、液晶分子間の相関距離を抑制してカー効果の温度特性を改善を達成することができた。

【0069】また、液晶に色素を配合して液晶材料を構成した場合には、カー効果の高速性に加えて、ゲストホストモードの有する高光利用効率という利点も得られる。

【0070】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の液晶光学スイッチ素子およびそのスイッチングを詳細に説明する。

【0071】実施例1

図1は、本発明の液晶光学スイッチ素子の一例の部分断面図である。なお、図示する例は、電極として櫛形電極を一方の基板に設置した場合のものであり、ここでは媒質として液晶と網目状高分子とを用いた。すなわち、液晶材料は、色素を配合しない液晶により構成されている。なお、使用電極およびその配置は、網目状高分子と液晶とを含有する媒質に印加する電場方向が光の透過方向、すなわち素子の観測方向に直交している限り、特に限定されるものではない。

【0072】まず、図1を用いて本発明の液晶光学スイッチ素子の構造およびその光学的性質の電圧制御を説明する。図1(a)は電圧の非印加時の媒質の状態を表わし、図1(b)は電圧印加時の媒質の状態を表わしている。

【0073】図1(a)に示すように、高分子と液晶材料とを含む媒質58は、電極53および54が設置された基板51と、これに離間・対向して配置された基板50とに挟持されている。これら2つの基板50、51の間はスペーサー52によりその間隔が保持されている。媒質58への電圧印加は、電極53および54を介して電気回路56およびスイッチ57により行なわれる。

【0074】図1(a)で表わされる電圧の非印加時に

においては、高分子と液晶材料とを含有する媒質58は、巨視的にみて光学的な等方相をとっている。ただし、微視的に観測すると相関長は短いものの、液晶分子の配向が揃った微小領域59が多数存在している。図1(a)に示されるように、これら各微小領域59の配向方位はランダムであるが、微小領域59の大きさは可視光の波長に比べて十分に小さいため、電圧の非印加時においては光散乱は生じない。

【0075】電圧を印加した場合には、図1(b)に示すように各微小領域59の配向方位が電場方向に揃うために、媒質58は光学的に異方性となる。配向方位がランダムな多数の微小領域59は、以下のようにして形成されと考えられる。すなわち、網目状高分子は、液晶分子との相互作用が強く、高分子がほぼ分子スケールで均一に混合することができる。このため、液晶分子間の相関長は大幅に減少し、微視的に液晶構造を有しながらも巨視的には等方相をとっている。

【0076】次に図2および図3を用いて、本発明の液晶光学スイッチ素子における透過光の制御を説明する。

図2は、櫛形電極53および54が設置された基板51面を、もう一方の基板側から見た図であり、用いる偏光板（図3中の参照符号2および3）の透過軸21、31および光軸11をあわせて示している。

【0077】図3は、液晶光学スイッチ素子と偏光板および光源の位置関係を表わす図である。なお、図3は、透過光のスイッチングを説明するためのものであるが、反射光のスイッチングには、光源の代わりに反射板を設置する。

【0078】図3に示すように、本発明の液晶光学スイッチ素子1の透過軸方向に、第1の偏光板2および第2の偏光板3を配置して、これら2枚の偏光板2、3で液晶光学スイッチ素子1を挟む。なお第1の偏光板2の透過軸21と、第2の偏光板3の透過軸31とは、図2に示したように互いに直交させる。さらに、第1の偏光板2の液晶光学スイッチ素子1とは反対の側には光源4を配置する。

【0079】かかる構成において、光源4から出た光は、まず第1の偏光板2に入射し、透過軸21に平行な偏光面を有する偏光のみが透過して液晶光学スイッチ素子1に入射する。電圧の非印加時には、液晶光学スイッチ素子1は光学的に等方性であるため、偏光は液晶光学スイッチ素子1をそのまま透過して第2の偏光板3に入射する。上述したように第2の偏光板3の透過軸31は、第1の偏光板2の透過軸21と直交しているため、液晶光学スイッチ素子1を透過した偏光軸21に平行な偏光は、第2の偏光板3を透過できない。したがって、電圧非印加時の表示は黒となる。

【0080】電圧の印加時には、図1(b)において説明したように液晶光学スイッチ素子1は光学的に異方性となる。図2に示すように光軸11と第1の偏光板2の

透過軸21とのなす角12を $\alpha$ とした場合、第2の偏光板3からの出射光の強度は、下記数式で表わされる。

【0081】

$$I/I_0 = \{ \sin 2\alpha \sin (\pi \Delta n d / \lambda) \}^2$$

(ここで、 $\Delta n$ は透明媒質58の光学的異方性、 $d$ は透明媒質58の厚さ、 $\lambda$ は真空中での光の波長、 $I_0$ は、液晶光学スイッチ素子1への入射光強度である。) 明るく、高コントラストの液晶光学スイッチを得るには、 $\alpha = 45^\circ$ 、 $\Delta n d = \lambda/2$ となるように、偏光板の設置、印加電場強度、および媒質の厚さを設定すればよい。先の条件を満たす場合、液晶光学スイッチ素子に入射した直線偏光は、偏光方位が $90^\circ$ 回転した直線偏光に完全に交換される。

【0082】次に、図4のグラフを用いてカー定数と温度との関係を説明する。このグラフ中、実線61は、本発明の液晶光学スイッチ素子における曲線、実線62は従来の液晶のみの透明媒質での曲線、実線63は、従来例(第22回液晶討論会予稿集 p.413)での曲線、点線64は液晶単独のネマチック相-等方相転移温度、点線65は、従来例(第22回液晶討論会予稿集 p.413)でのネマチック相-等方相転移温度を示している。

【0083】本発明での曲線61は、従来例ではネマチック相のカー効果を示さない温度領域においてもカー効果を発現していることが明確に示されている。この理由について、本発明者らは次のように考えた。すなわち、液晶と相互作用するメソゲン部位を有する高分子を導入することにより媒質を構成しているので、液晶分子間の相関距離は温度に依存しない。具体的には、液晶分子間の相関距離は、液晶単独ではネマチック相状態をとる温度領域においても、異常カー効果を示す等方相での狭い温度領域における相関距離程度に抑えられた。このために、微視的には液晶相を保持しつつ、巨視的には等方相を維持することができた。

【0084】本発明の液晶光学スイッチ素子は、色偏光板および白黒電子線蛍光管と組み合わせてカラー画像表示装置として用いることができる。こうしたカラー画像表示装置の表示機構について、図5を参照して説明する。

【0085】図5に示す構成においては、白黒電子線蛍光管120側から、第1の色偏光板90、第1の液晶光学スイッチ素子70、第2の色偏光板100、第2の液晶光学スイッチ素子80、および第3の色偏光板110が順次設けられている。第1の液晶光学スイッチ素子70および第2の液晶光学スイッチ素子80は、制御回路130に接続されており、白黒電子線蛍光管120はラスタ発生器150に接続されている。さらに、制御回路130とラスタ発生器150との同期をとるための同期回路140が、これらに接続されている。

【0086】第1の色偏光板90における2つの直交す

る透過軸91および92は、それぞれ赤および白の偏光を透過させ、第2の偏光板100における2つの直交する透過軸101および102は、それぞれ緑および白の偏光を透過させる。また、第3の偏光板110における2つの直交する透過軸111および112は、それぞれ青および白の偏光を透過させる。これら3つの透過軸のうち、91、101および111の3つの透過軸は平行の関係にあり、92、102および112の3つの透過軸も平行の関係にある。

【0087】図5中、71および81は、それぞれ第1の液晶光学スイッチ素子70および第2液晶光学スイッチ素子80の電圧印加時における光軸方向を表わしている。これらの光軸方向71および81は、互いに平行の関係にあるとともに、各偏光板90、100および110の透過軸とのなす角は $45^\circ$ となるように配置され、かつ電圧印加時におけるリタデーション $\Delta n d$ が $\lambda/2$ となるように設定されている。

【0088】ここで、第1の液晶光学スイッチ素子70が電圧非印加時、第2の液晶光学スイッチ素子80が電圧印加である場合を例に挙げて説明する。白黒電子線蛍光管120から出射された白色光は、まず、第1の偏光板90によって透過軸91に平行な赤色直線偏光と、透過軸92に平行な白色直線偏光とに分離される。第1の液晶光学スイッチ素子70は電圧非印加であるため、入射した直線偏光は、位相変調を受けることなくそのまま透過する。

【0089】第2の色偏光板100に入射する直線偏光は、透過軸101に平行な赤色と透過軸102に平行な白色との2種類である。透過軸101は、緑色の直線偏光のみを透過させるため、第2の色偏光板100に入射した直線偏光のうち赤色光は透過できない。一方、この色偏光板の透過軸102は白色光の直線偏光を透過させるので、入射した白色光はそのまま透過する。すなわち、第2の色偏光板100から出射する直線偏光は、透過軸102に平行な白色光のみとなり、透過軸101に平行な光は出射されない。

【0090】第2の液晶光学スイッチ素子80は、電圧印加時には入射された直線偏光を $90^\circ$ 回転した直線偏光に変換するので、透過軸102に平行な白色の直線偏光は $90^\circ$ 回転して、透過軸111に平行な直線偏光として第3の色偏光板110に入射する。一方、透過軸112に平行な光は存在しない。ゆえに、第3の色偏光板110から出射されるのは透過軸111に平行な青色の直線偏光となり、この場合には青色が表示される。

【0091】図5の構成における本発明の液晶光学スイッチ素子70および80の電圧非印加・印加と表示色との関係を下記表1にまとめた。

【0092】

【表1】

第1 液晶光学スイッチ素子	第2 液晶光学スイッチ素子	表示色
オン	オン	緑
オン	オフ	赤
オフ	オン	青
オフ	オフ	白

【0093】このように同期回路140を利用して、白黒電子線蛍光管120へのラスタ発生器150と、第1の液晶光学スイッチ素子70および第2の液晶光学スイッチ素子80の制御回路130との同期をとることにより、表示色の選択と各表示色での白黒画像発生とを行ない、表示色を高速で切り替えることでカラー画像表示を実現することができる。

【0094】なお、本発明のカラー画像表示装置における色偏光板の選択や各色偏光板の透過軸の設定は、図5に示した構成に限られるものではなく、適宜変更することができる。

【0095】以下に本発明の具体例を示して、本発明をさらに詳細に説明する。

#### 【0096】実施例I-1

まず、1つのガラス基板（厚さ0.7mm）の表面に、電極幅10 $\mu$ m、電極間隔10 $\mu$ mのMoW櫛形電極を常法により形成した。次にポリイミド（AL-1051：日本合成ゴム（株））を70nmの厚さにスピナーで電極面にキャストして絶縁膜として、第1の基板を得た。同様に、もう一つのガラス基板（厚さ0.7mm）表面へも前述と同様の絶縁膜を形成して第2の基板を得た。

【0097】上述のようにして得られた第2の基板の絶縁膜表面の所定位置に、貼り合わせのためのエポキシ接着剤を塗布し、第1の基板の絶縁膜表面には、直径5 $\mu$ mの樹脂製スパーサーボールを散布した。その後、第1および第2の基板を互いに絶縁膜が対向するよう貼り合わせ、封着して液晶セルを得た。

【0098】一方、ネマチック液晶BL035（Merck社製）60wt%と、重合性モノマー1，4-ジ（4-（6-（アクリロイルオキシ）ヘキシルオキシ）ベンゾイルオキシ）-2-メチルベンゼン40wt%とを混合し、さらに、重合開始剤イルガキュア651（Ciba Geigy社製）を重合性モノマーに対して0.5wt%添加して混合物を調製した。

【0099】こうして得られた混合物を、前述の液晶セルに常法により注入した後、等方相の状態を高圧水銀ランプを用いて紫外光を照射した。この際、光照射強度は100mW/cm<sup>2</sup>（365nm）とし、照射時間は1分とした。

【0100】次に、印加電場方向と透過軸が45°の角度をなし、かつ互いの透過軸が直交するように偏光板を素子の表面および裏面に貼り、図1ないし図3に示したような液晶光学スイッチ素子を完成させた。

【0101】本実施例の液晶光学スイッチ素子においては、一対の電極間に挟持された媒質は、メソゲン部位を有する高分子で小区域に分割された液晶により構成されている。液晶の各小区域の平均直径は、0.08 $\mu$ mであった。

【0102】作製した液晶光学スイッチ素子の電圧-透過光特性を、550nm光を用いて室温25℃で評価した。電圧の非印加時には、透過率0.5%であり、電圧の印加時（200V<sub>p</sub>、60Hz矩形波）には、透過率90%と最大であった。すなわち、半波長電位は200Vであった。また、応答時間は、透過率最小/最大間での立ち上がり時間、立ち下がり時間ともに1 $\mu$ s未満であった。半波長電位および応答時間の温度依存性を確認した結果、10℃～80℃においてはほぼ一定であった。

#### 【0103】比較例I-1

メソゲン部位を有しない高分子であるカヤラッドR-526（日本化薬社製）を用いる以外は前述の（実施例I-1）と同様にして液晶光学スイッチ素子を作製した。得られた液晶光学スイッチ素子の半波長電位および応答時間を、前述と同様にして測定したところ、10℃～80℃において2倍以上変化した。

【0104】このように、メソゲン部位を有しない高分子を用いた場合には、表示特性の大きな温度依存性が確認された。

#### 【0105】比較例I-2

光照射強度を1mW/cm<sup>2</sup>（365nm）とする以外は前述と同様の手順で液晶光学スイッチ素子を作製したところ、液晶の液滴の直径が1 $\mu$ mとなり、電圧非印加時に散乱状態をとった。

【0106】このように、液晶の液滴の直径が0.1 $\mu$ mより大きい場合には、本発明の原理で液晶光学スイッチ素子を動作させることができないことが確認された。

#### 【0107】実施例I-2

ネマチック液晶BL006（Merck社製）60wt%と、重合性モノマー1，4-ジ（4-（6-（アクリロイルオキシ）ヘキシルオキシ）ベンゾイルオキシ）ベンゼン40wt%とを混合し、さらに、重合開始剤イルガキュア651（Ciba Geigy社製）を重合性モノマーに対して0.5wt%添加して混合物を得た。この混合物を用いる以外は、前述の（実施例I-1）と同様の手順で液晶光学スイッチ素子を作製した。本実施例の液晶光学スイッチ素子において、液晶の各小区域の平均直径は、0.08 $\mu$ mであった。

【0108】作製した液晶光学スイッチ素子の電圧-透

過光特性を、550nm光を用いて室温25℃で評価した。電圧の非印加時には、透過率0.5%であり、電圧の印加時(190Vp、60Hz矩形波)には、透過率92%と最大であった。すなわち、半波長電位は190Vであった。また、応答時間は、透過率最小/最大間での立ち上がり時間、立ち下がり時間ともに1μs未満であった。半波長電位および応答時間の温度依存性を確認した結果、10℃~80℃においてほぼ一定であった。

#### 【0109】実施例I-3

前述の(実施例I-1)で作製した液晶光学スイッチ素子2つと、赤色、緑色および青色の色偏光板3つと、赤、緑、青の混合蛍光体を有する電子線蛍光管とを組み合わせて、図5に示したようなカラー画像表示装置を作製した。このカラー画像表示装置の表示特性について評価したところ、2つの液晶光学スイッチ素子の電圧印加と透過光の色との組み合わせが図5において説明したとおりであることを確認した。

【0110】さらに、電子線蛍光管120のラスタ発生装置150と同期をとって、半波長電位である200V、540Hz矩形波で液晶光学スイッチ素子を作動させた結果、混色などの問題がないカラー画像が得られることを確認した。また、動作温度10℃~60℃の温度範囲で表示特性はほぼ変わらず、一定であった。

#### 【0111】実施例I-4

まず、ネマチック液晶BL035(Merck社製)84wt%と、メチルメタクリレートモノマー15wt%、架橋剤としてジビニルベンゼン1wt%、および重合開始剤としてメチルベンゾイルパーオキシドをメチルメタクリレートに対して1wt%を混合・溶解して混合物を調製した。次いで、この混合物に界面活性剤と純水とを加えホモジナイザーで乳化した後、90℃で1時間重合して液晶混合物を得た。さらに、この液晶混合物をフィルターで濾過した後、純水で洗浄して、内径が0.08μmの液晶材料を内包したマイクロカプセルを作製した。こうして得られたマイクロカプセルを、10%のイソプロピルアルコール水溶液に10wt%で分散させて分散液を得た。

【0112】一方、一つのガラス基板(厚さ0.7mm)の表面に、ポリイミド(AL-1051:日本合成ゴム(株))を70nmの厚さでキャストして絶縁膜を形成し、この絶縁膜の表面に先の分散液を塗布した。その後、分散液の塗膜を乾燥させてマイクロカプセルの層を積層させた。また、前述の(実施例I-1)と同様の櫛形電極が表面に形成され、さらに絶縁膜がキャストされたガラス基板(厚さ0.7mm)を用意し、この絶縁膜上に直径5μmの樹脂製スパーボールを散布した。このガラス基板を、絶縁膜がマイクロカプセルに接するようにして先のマイクロカプセル層が形成されたガラス基板と貼り合わせた。

【0113】最後に、両ガラス基板を加熱密着させ、印

加電場方向と透過軸が45°の角度をなし、かつ互いの透過軸が直交するように偏光板を素子の表面および裏面に貼って液晶光学スイッチ素子を完成させた。

【0114】本実施例の液晶光学スイッチ素子においては、一对の電極間に挟持された媒質は、マイクロカプセルで小区域に分割された液晶により構成されている。液晶の各小区域の平均直径は、0.08μmであった。

【0115】作製した液晶光学スイッチ素子の電圧-透過光特性を、550nm光を用いて室温25℃で評価した。電圧の非印加時には、透過率0.5%であり、電圧の印加時(180Vp、60Hz矩形波)には、透過率92%と最大であった。すなわち、半波長電位は180Vであった。また、応答時間は、透過率最小/最大間での立ち上がり時間、立ち下がり時間ともに1μs未満であった。半波長電位および応答時間の温度依存性を確認した結果、10℃~60℃においてほぼ一定であった。

#### 【0116】実施例I-5

平均孔径0.05μmの多孔質ガラス(厚さ10μm)をゾルゲル法により作製し、この多孔質ガラスにネマチック液晶BL035(Merck社製)を担持させた。次に、この多孔質ガラスの一方の面に、前述の(実施例I-1)と同様の櫛形電極を形成した後、多孔質ガラスの両面に偏光板を貼って、液晶光学スイッチ素子を完成させた。なお、2枚の偏光板は、印加電場方向と透過軸が45°の角度をなし、かつ互いの透過軸が直交するように配置した。

【0117】本実施例の液晶光学スイッチにおいては、一对の電極間に挟持された媒質は、多孔質ガラスで小区域に分割された液晶により構成されている。液晶の各小区域の平均直径は、0.05μmであった。

【0118】作製した液晶光学スイッチ素子の電圧-透過光特性を、550nm光を用いて室温25℃で評価した。電圧の非印加時には、透過率0.5%であり、電圧の印加時(250Vp、60Hz矩形波)には、透過率92%と最大であった。すなわち、半波長電位は250Vであった。また、応答時間は、透過率最小/最大間での立ち上がり時間、立ち下がり時間ともに1μs未満であった。半波長電位および応答時間の温度依存性を確認した結果、10℃~60℃においてほぼ一定であった。

#### 【0119】実施例II

図6には、本発明の液晶光学スイッチ素子の他の例の部分断面図を示す。図示する例では、2つの基板の対向する面にそれぞれ電極を設置し、網目状高分子と液晶と色素との混合物である媒質を用いた。すなわち、液晶材料は、液晶と色素とにより構成される。

【0120】まず、図6を用いて本発明の液晶光学スイッチ素子の構造およびその光学的性質の電圧制御を説明する。図6(a)は電圧の非印加時の媒質の状態を表わし、図6(b)は電圧印加時の媒質の状態を表わしてい



【0121】図6(a)に示すように、高分子と液晶と色素とを含有する媒質204は、電極202aが設置された基板201aと、これに離間・対向して配置され電極202bが形成された基板201bとに挟持されており、これら2つの基板201aおよび201bとの間は、スペーサー203によりその間隔が保持されている。媒質204への電圧の印加は、電極202aおよび202bを介して電気回路206およびスイッチ207により行われる。

【0122】図6(a)で表わされる電圧の非印加時においては、高分子と液晶と色素とを含有する媒質204は、巨視的にみて光学的に等方相をとっている。したがって、色素分子により入射光が吸収され光学スイッチ素子は吸収状態となる。ただし、微視的に観測すると、相関長は短いものの、液晶分子の配向が揃った微小領域205が多数存在している。図6(a)に示されるように、これらの各微小領域205の配向方位はランダムであるが、微小領域205の大きさは可視光の波長に比べて十分に小さいため、電圧の非印加時には光散乱は生じない。

【0123】電圧を印加した場合には、図6(b)に示すように各微小領域205の配向方位が電場方向に揃うために、透明媒質204は光学的に異方性となる。したがって、色素分子も電場方向に揃って、光学スイッチ素子は透過状態となる。なお、電場の大きさを変化させることによって、吸収状態と透過状態との中間の状態を実現することも可能である。配向方位がランダムな多数の微小領域205は、以下のようにして形成されと考えられる。すなわち、ほぼ高分子と液晶分子とを分子スケールに近いオーダーで均一に混合していることで、液晶分子間の相関長は大幅に減少し、微視的に液晶構造を有しながらも巨視的には等方相をとっている。

【0124】次に図7および図8を用いて、本発明の液晶光学スイッチ素子によってカラー液晶光学スイッチ素子およびカラー画像表示装置を構成した例を説明する。

【0125】図7は、本発明の液晶光学スイッチ素子210とカラーフィルター211と白色発光体212とから構成されるカラー画像表示装置であり、液晶光学スイッチ素子210とカラーフィルター211とによりカラー液晶光学スイッチ素子214が構成される。この場合、本発明の液晶光学スイッチ素子210は、黒色色素を保持するものを利用する。白色発光体212から液晶光学スイッチ素子210に入射した光は、液晶光学スイッチ素子210により透過あるいは吸収される。液晶光学スイッチ素子210を透過した光は、カラーフィルター211を経て出射する。電気回路213から液晶光学スイッチ素子210に画像情報が入射されれば、カラー画像表示装置とすることができる。

【0126】図8は、本発明の液晶光学スイッチ素子を3つ積層し、カラーフィルターを用いずにカラー液晶光

学スイッチ素子およびカラー画像表示装置を構成する例である。液晶光学スイッチ素子220、221、222は、各々赤・緑・青あるいはシアン・マゼンタ・イエローの光を吸収する色素をそれぞれ保持しており、これら3つの液晶光学スイッチ素子によりカラー液晶光学スイッチ素子225が構成される。白色発光体223からカラー液晶光学スイッチ素子225に入射した光は、電気回路224により各色の吸収／透過が制御される。電気回路224により各色の画像情報が入力されれば、カラー画像表示装置とすることができる。

【0127】図9は、本発明の液晶光学スイッチ素子を用いて、反射型のカラー光学スイッチ素子およびカラー画像表示装置を構成した例である。図8中における白色発光体223の代わりに反射板233を設置したものであり、基本的には図8と同様の方法で反射光を制御するものである。

【0128】図10は、本発明の液晶光学スイッチ素子を3つ積層し、白黒電子線蛍光管と組み合わせ、カラー画像表示装置を構成した例である。液晶光学スイッチ素子240、241、242は、各々赤・緑・青あるいはシアン・マゼンタ・イエローの光を吸収する色素を保持しており、これら3つの液晶光学スイッチ素子によりカラー液晶光学スイッチ素子247が構成される。カラー液晶光学スイッチ素子247は、電気回路244に接続されている。白色電子線蛍光管243は、ラスタ発生器245に接続され、さらに電気回路244とラスタ発生器245の同期をとるための同期回路246がこれに接続されている。

【0129】同期回路246を利用して、白色電子線蛍光管243へのラスタ発生器245と、カラー液晶光学スイッチ素子247の電気回路244との同期をとることにより、表示色の選択と各表示色での白色画像発生とを行ない、表示色を高速で切り換えることでカラー画像表示装置を実現することができる。

【0130】以下、具体例を示して本発明をさらに詳細に説明する。

#### 【0131】実施例II-1

表面にITO電極がそれぞれ設けられた2枚のガラス基板(厚さ0.7mm)を用意し、各基板の電極面に絶縁膜としてポリイミド(AL-1051:日本合成ゴム(株))を70nmの厚さに形成して、第1および第2の2つの電極基板を得た。第1の電極基板の絶縁膜上に直径5μmのシリカ製スペーサーボールを散布し、第2の電極基板の絶縁膜上には、貼り合わせのためのエポキシ接着剤を所定の位置に塗布した。

【0132】その後、互いの絶縁膜が向かい合うように第1および第2の電極基板を貼り合わせ、オープン内で封着して空セルを得た。

【0133】一方、ネマチック液晶BL035(Merck社)58wt%と、重合性モノマー1,4-ジ(4

10

20

30

40

50

ー(6-(アクリロイルオキシ)ヘキシルオキシ)ベンゾイルオキシ)ー2-メチルベンゼン37wt%と、ブラック色素D86(Merck社)5wt%とを混合し、さらに重合開始剤イルガキュア651(Ciba Geigy社製)を重合性モノマーに対して0.5wt%添加して混合物を調製した。

【0134】こうして得られた混合物を、前述の空セルに常法により注入した後、等方相の状態を高圧水銀ランプを用いて紫外線を照射した。この際、光照射強度は100mW/cm<sup>2</sup>(365nm)とし、照射時間は1分とした。

【0135】本実施例の液晶光学スイッチ素子においては、一對の電極間に挟持された媒質は、液晶と色素とを含む液晶材料、およびこの液晶材料の領域を小区域に分割する高分子により構成されている。液晶材料の各小区域の平均直径は、0.07μmであった。

【0136】作製した液晶光学スイッチ素子の電圧-透過光特性を、白色光源を用いて室温25℃で評価した。電圧の非印加時には透過率0.5%であり、電圧の印加時(100Vp、60Hz矩形波)は、透過率90%であり、印加電圧に対して連続的に透過率が変化した。また、応答時間は、透過率最小/最大間での立ち上がり時間、立ち下がり時間ともに10μs未満であった。閾値電圧および応答時間の温度依存性を確認した結果、10℃~60℃においてほぼ一定であった。

#### 【0137】実施例II-2

ネマチック液晶BL006(Merck社)58wt%と、重合性モノマー1,4-ジ(4-(6-(アクリロイルオキシ)ヘキシルオキシ)ベンゾイルオキシ)ベンゼン37wt%と、ブラック色素D86(Merck社)5wt%とを混合し、さらに重合開始剤イルガキュア651(Ciba Geigy社製)を重合性モノマーに対して0.5wt%添加して混合物を調製した。

【0138】この混合物を用いた以外は、前述の(実施例II-1)と同様の手法で液晶光学スイッチ素子を作製した。本実施例の液晶光学スイッチ素子において、液晶材料の各小区域の平均直径は、0.07μmであった。

【0139】得られた液晶光学スイッチ素子の電圧-透過光特性を、白色光源を用いて室温25℃で評価した。電圧の非印加時は透過率0.5%であり、電圧の印加時(90Vp、60Hz矩形波)は透過率92%と最大であった。また応答時間は、透過率最小/最大間での立ち上がり時間、立ち下がり時間ともに10μs未満であった。閾値電圧および応答時間の温度依存性を確認した結果、10℃~60℃においてほぼ一定であった。

#### 【0140】実施例II-3

ネマチック液晶BL035(Merck社)80wt%と、ブラック色素D86(Merck社)4wt%と、メチルメタクリレートモノマー15wt%と、架橋剤としてジビニルベンゼン1wt%、および重合開始剤とし

てメチルベンゾイルパーオキシサイドをメチルメタクリレートに対して1wt%を混合・溶解して混合物を得た。次いで、この混合物に界面活性剤と純水とを加えてホモジナイザーで乳化した後、90℃で1時間重合して液晶混合物を得た。さらに、この液晶混合物をフィルターで濾過した後、純水で洗浄して、内径0.08μmの液晶および色素を内包したマイクロカプセルを作製した。こうして得られたマイクロカプセルを、10%のイソプロピルアルコール水溶液に10wt%で分散させて分散液を得た。

【0141】一方、表面にITO電極がそれぞれ設けられた2枚のガラス基板(厚さ0.7mm)を用意し、各基板の電極面に絶縁膜としてポリイミド(AL-1051:日本合成ゴム(株))を70nmの厚さに形成して、第1および第2の2つの電極基板を得た。第1の電極基板の絶縁膜の表面には先の分散液を塗布した後、分散液の塗膜を乾燥させてマイクロカプセルの層を積層させた。第2の電極基板上には、直径5μmの樹脂製スパーボールを散布した。

【0142】第2の電極基板に設けられた絶縁膜がマイクロカプセルに接するようにして、マイクロカプセル層が形成された第1の電極基板と貼り合わせた。最後に、両電極基板を加熱密着させて、液晶光学スイッチ素子を完成させた。

【0143】本実施例の液晶光学スイッチ素子においては、一對の電極間に挟持された媒質は、液晶と色素とを含む液晶材料、およびこの液晶材料の領域を小区域に分割するマイクロカプセルにより構成されている。液晶材料の各小区域の平均直径は、0.08μmであった。

【0144】作製した液晶光学スイッチ素子の電圧-透過率特性を、白色光源を用いて室温25℃で評価した。電圧の非印加時は透過率0.5%であり、電圧の印加時(90Vp、60Hz矩形波)は透過率92%と最大であった。また応答時間は、透過率最小/最大間での立ち上がり時間、立ち下がり時間ともに10μs未満であった。閾値電圧および応答時間の温度依存性を確認した結果、10℃~60℃においてほぼ一定であった。

#### 【0145】実施例II-4

平均孔径0.05μmの多孔質ガラス(厚さ10μm)をゾル-ゲル法で作製し、この多孔質ガラスにネマチック液晶BL035(Merck社)95wt%と、ブラック色素D86(Merck社)5wt%との混合物を担持させた。次いで、この多孔質ガラスの両面にITO電極をスパッタ法により形成し、液晶光学スイッチ素子を完成させた。

【0146】本実施例の液晶光学スイッチ素子においては、一對の電極間に挟持された媒質は、液晶と色素とを含む液晶材料、およびこの液晶材料の領域を小区域に分割する多孔質ガラスにより構成されている。液晶材料の各小区域の平均直径は、0.05μmであった。

【0147】作製した液晶光学スイッチ素子の電圧-透過率特性を、白色光源を用いて室温25℃で評価した。電圧の非印加時の透過率0.5%であり、電圧の印加時(180V<sub>p</sub>、60Hz矩形波)は透過率92%と最大であった。また応答時間は、透過率最小/最大間での立ち上がり時間、立ち下がり時間ともに10μs未満であった。閾値電圧および応答時間の温度依存性を確認した結果、10℃~60℃においてほぼ一定であった。

#### 【0148】実施例II-5

ブラック色素D86(Merck社)の代わりに、イエロー色素としてG232(日本感光色素)、マゼンタ色素としてG176(日本感光色素)、シアン色素としてG472(日本感光色素)をそれぞれ用いた以外は、前述の(実施例II-1)と同様の手法により3つの液晶光学スイッチ素子を作製した。

【0149】得られた3つの液晶光学スイッチ素子を光透過方向に積層してカラー液晶光学スイッチ素子を構成し、このカラー液晶光学スイッチ素子と白色発光体と組み合わせて、図8に示すカラー画像表示装置を作製した。各液晶スイッチ素子の印加電圧を制御することにより、カラー画像を表示できることを確認した。

#### 【0150】実施例II-6

(実施例II-5)で作製した液晶光学スイッチ素子3つを光透過方向に積層してカラー液晶光学スイッチ素子を構成し、このカラー液晶光学スイッチ素子と赤・緑・青の混合蛍光体を有する電子線蛍光管とを組み合わせて、図10に示したようなカラー画像表示装置を作製した。

【0151】白色電子線蛍光管243のラスタ発生装置245と同期をとって、閾値以上の電圧である100V、540Hz矩形波でカラー液晶光学スイッチ素子を作動させた結果、混色などの問題がないカラー画像が得られることを確認した。さらに、動作温度10℃~60℃で表示特性がほぼ変わらず、一定であった。

#### 【0152】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、高速で広視野角の液晶光学スイッチ素子が提供される。また本発明によれば、高速で光利用効率が高く、かつ広視野角の液晶光学スイッチ素子が提供される。本発明の液晶光学スイッチ素子は、従来の問題を全て回避して優れた特性を有しているため、カラーシャッターおよびカラー画像表示装置に好適に応用することが可能であり、その工業的価値は絶大である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の液晶光学スイッチ素子の構成を概略的に示す断面図。

【図2】本発明の液晶光学スイッチ素子における電極配置の一部と、偏光板の透過軸との関係を概略的に示す図。

【図3】本発明の液晶光学スイッチ素子の構成を概略的に表わす図。

【図4】カー定数と温度との関係を説明するグラフ図。

【図5】本発明のカラー画像表示装置の一例の構成を示す概略図。

【図6】本発明の液晶光学スイッチ素子の他の例の構成を示す概略図。

【図7】本発明のカラー画像表示装置の他の例を示す概略図。

【図8】本発明のカラー画像表示装置の他の例を示す概略図。

【図9】本発明のカラー画像表示装置の他の例を示す概略図。

【図10】本発明のカラー画像表示装置の他の例を示す概略図。

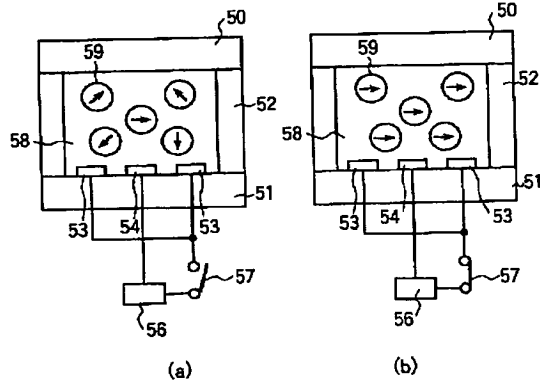
#### 【符号の説明】

- 1, 70, 80…液晶光学スイッチ素子
- 2, 3, 90, 100, 110…偏光板
- 4…光源
- 11…電圧印加時の光軸
- 12…光軸と偏光板の透過軸とのなす角度
- 21, 31, 91, 92, 101, 102, 111, 112…偏光板の透過軸
- 50, 51…基板
- 52…スペーサー
- 53, 54, 55…電極
- 56…電気回路
- 57…スイッチ
- 58…メソゲン部位を有する高分子とネマチック液晶とからなる透明媒質
- 59…ネマチック液晶分子の配向が揃った領域
- 61…本発明でのカー定数と温度との関係を表わす曲線
- 62, 63…従来のカー定数と温度との関係を表わす曲線
- 64, 65…従来のネマチック液晶-等方相転移温度を表わす曲線
- 120…電子線蛍光管
- 130…制御回路
- 140…同期回路
- 150…ラスタ発生器
- 201…基板
- 202…電極
- 203…スペーサー
- 204…高分子と液晶と色素とからなる媒質
- 205…液晶分子および色素分子の配向が揃った微小領域
- 206, 213, 224, 234, 244…電気回路
- 207…スイッチ
- 210, 220, 221, 222…液晶光学スイッチ素子
- 211…カラーフィルター
- 212, 223…白色発光体

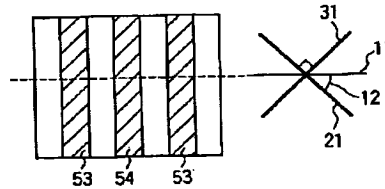
214, 225, 235, 247…カラー液晶光学スイッチ素子  
 230, 231, 232, 240, 241, 242…液晶光学スイッチ素子

\* 233…反射板  
 243…白色電子線蛍光管  
 245…ラスタ発生器  
 \* 246…同期回路

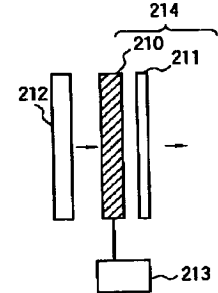
【図1】



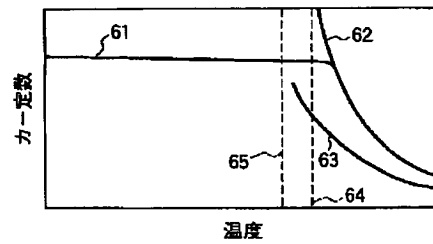
【図2】



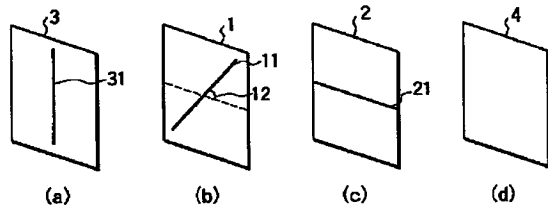
【図7】



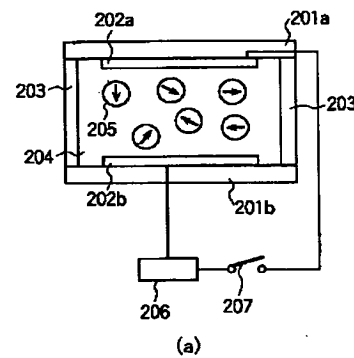
【図4】



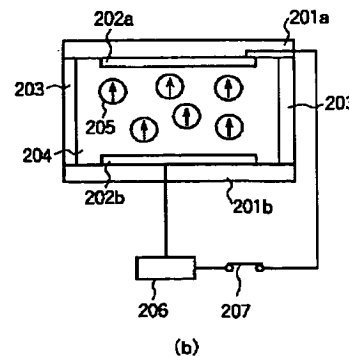
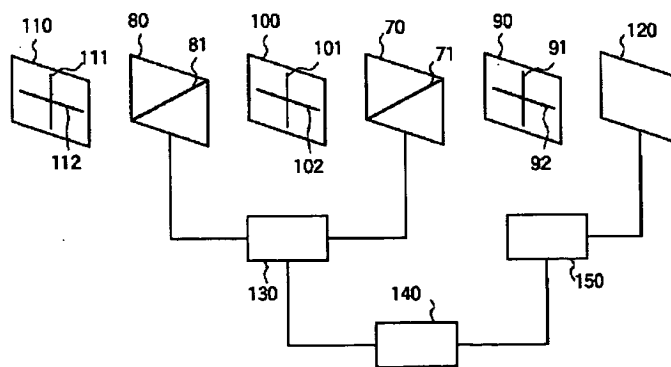
【図3】



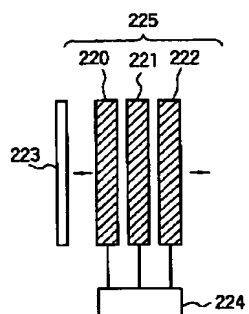
【図6】



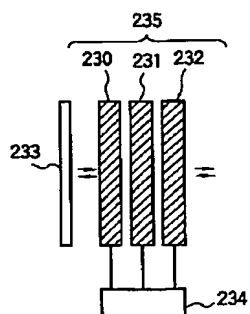
【図5】



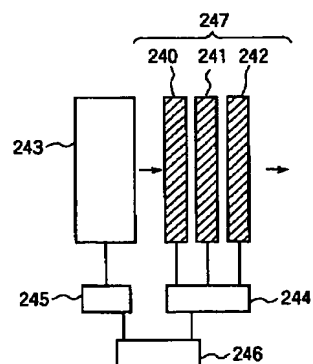
【図 8】



【図 9】



【図 10】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**